

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

50024-030
10/809,804
KANNO et al.
March 26, 2004

McDermott Will & Emery LLP

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 3月27日

出願番号
Application Number: 特願2003-089415
[ST. 10/C]: [JP 2003-089415]

出願人
Applicant(s): 三洋電機株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2004年 5月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫

【書類名】 特許願

【整理番号】 NPA1030031

【提出日】 平成15年 3月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05B 33/00
G09G 3/30

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 神野 浩

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 松末 哲征

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 齊藤 香織

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100098305

【弁理士】

【氏名又は名称】 福島 祥人

【電話番号】 06-6330-5625

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 032920

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006012

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 有機発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ホール注入層と電子注入層との間に発光層を備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

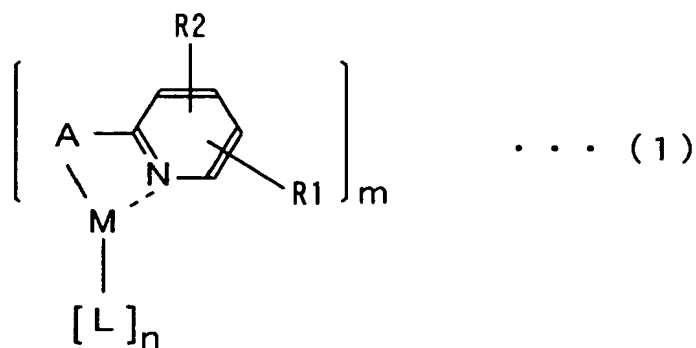
前記発光層は、異なる 2 種以上の発光材料を含み、前記異なる 2 種以上の発光材料のうち少なくとも 1 種は燐光発光材料であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 2】 前記発光層は、短波長発光層と長波長発光層とを含み、前記短波長発光層が発する光のピーク波長のうち少なくとも 1 つは 430 nm～520 nm の範囲にあり、前記長波長発光層が発する光のピーク波長のうち少なくとも 1 つは 520 nm～630 nm の範囲にあることを特徴とする請求項 1 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 3】 前記長波長発光層は、第 1 のホスト材料と第 1 の燐光発光材料とを含み、

前記第 1 の燐光発光材料は、下記式 (1) で表される分子構造を有し、式 (1) 中の A は置換基であり、R1 および R2 はそれぞれ同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基であり、L は置換基であり、M は重金属であり、m は 1、2 または 3 であり、 $2m + 2n = 6$ または $2m + n = 6$ であることを特徴とする請求項 2 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

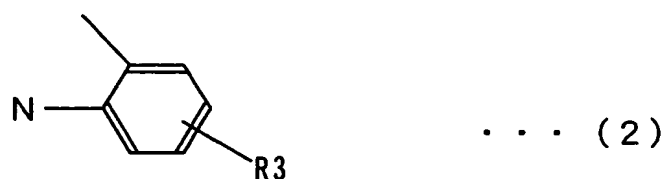
【化 1】



【請求項 4】 前記 R1 は水素原子であり、前記 R2 は下記式 (2) で表される分子構造を有し、式 (2) 中の R3 は水素原子、ハロゲン原子または置換基

であることを特徴とする請求項3記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化2】



【請求項5】 前記Aは下記式(3)で表される分子構造を有し、式(3)中のR4は水素原子、ハロゲン原子または置換基であることを特徴とする請求項3または4記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

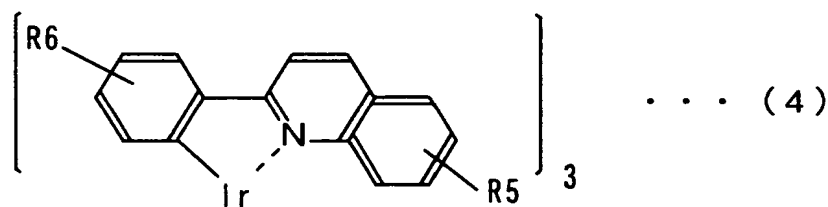
【化3】



【請求項6】 前記第1の燐光発光材料は、下記式(4)の分子構造を有するトリス(2-フェニルキノリン)イリジウム骨格を有し、

式(4)中のR5およびR6は同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基であることを特徴とする請求項3～5のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化4】



【請求項7】 陽極と陰極とをさらに備え、

前記陽極と前記陰極との間に前記長波長発光層および前記短波長発光層が順に形成され、

前記長波長発光層は、ホール輸送能力を有する第1の補助ドーパントをさらに含むことを特徴とする請求項3～6のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

センス素子。

【請求項 8】 前記第 1 の燐光発光材料および前記第 1 の補助ドーパントの合計の体積率は、前記長波長発光層に対して 3～40%であることを特徴とする請求項 7 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 9】 前記第 1 のホスト材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベル H5、前記第 1 の燐光発光材料の最高被占有分子軌道のレベル H4 および前記第 1 の補助ドーパントの最高被占有分子軌道のレベル H6 は、

$$H4 < H6 < H5 \quad \cdots (5)$$

$$|H6 - H4| < 0.4 \text{ eV} \quad \cdots (6)$$

$$|H5 - H6| < 0.4 \text{ eV} \quad \cdots (7)$$

上式 (5)～(7) で表される関係を満足することを特徴とする請求項 7 または 8 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

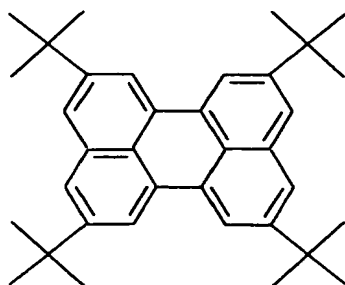
【請求項 10】 前記第 1 の補助ドーパントは、アミン系材料、アントラセン誘導体またはイリジウム錯体からなることを特徴とする請求項 7～9 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 11】 前記長波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度と前記短波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度との比が 100 対 20～100 であることを特徴とする請求項 3～10 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 12】 前記短波長層は、第 2 のホスト材料と第 2 の燐光発光材料とを含み、

前記第 2 の燐光発光材料は、下記式 (8) で表される分子構造を有し、式 (8) 中の B1 は置換基であることを特徴とする請求項 2～6 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化5】



... (8)

【請求項13】 陽極と陰極とをさらに備え、

前記陽極と前記陰極との間に前記短波長発光層および前記長波長発光層が順に形成され、

前記短波長発光層は、ホール輸送能力を有する第2の補助ドーパントをさらに含むことを特徴とする請求項12記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項14】 前記第2の燐光発光材料と前記第2の補助ドーパントとの合計の体積率は、前記短波長発光層に対して3～40%であることを特徴とする請求項13記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項15】 前記第2のホスト材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH3、前記第2の燐光発光材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH1および前記第2の補助ドーパントの最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH2は、

$$H2 < H1 < H3 \quad \dots (9)$$

上式(9)で表される関係を満足することを特徴とする請求項13または14記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項16】 前記第2の補助ドーパントは、アミン系材料、アントラセン誘導体またはイリジウム錯体からなることを特徴とする請求項13～15のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項17】 前記短波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度と前記長波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度との比が100対20～100であることを特徴とする請求項12～16のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】**【発明の属する技術分野】**

本発明は、有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、有機 E L 素子と呼ぶ）に関する。

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

近年、情報技術（I T）の興隆に伴い、厚さ数mm程度の薄型でフルカラー表示が可能な薄型表示素子への要望が高まっている。このような薄型表示素子として、有機 E L 素子の開発が進められている。

【0 0 0 3】

フルカラー表示を実現するための方法としては、赤色発光素子、緑色発光素子および青色発光素子を用いる方法（例えば、特許文献 1 参照）と、白色発光素子と、光の 3 原色の単色光を透過させるカラーフィルタとを組み合わせる方法とが挙げられる。この白色発光素子は青色発光材料とオレンジ色発光材料とを含み、青色発光材料が発する青色光とオレンジ色発光材料が発するオレンジ光とを同時に発光させて白色を実現していた。

【0 0 0 4】**【特許文献 1】**

特開 2 0 0 1 - 9 3 6 6 7 号公報

【非特許文献 1】

J.kido, M.Kumura, K.Nagai, Science, 267, 1332, 1995

【0 0 0 5】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、青色発光材料およびオレンジ色発光材料を用いて白色発光を実現する場合、それぞれの発光が高効率でなければ白色としての高効率化は実現できない。従来の白色発光素子では 1 0 c d / A の発光効率が限界であった（例えば、非特許文献 1 参照）。

【0 0 0 6】

また、白色発光素子とカラーフィルタとを組み合わせるフルカラー表示を行う

場合、カラーフィルタによる発光効率損失により白色光の一部が吸収されてしまい、高輝度な光を得られない。それにより、白色発光素子とカラーフィルタとを組み合わせフルカラー表示を行う場合には、赤色発光素子、緑色発光素子および青色発光素子を用いてフルカラー表示を行う場合に比べて消費電力が大きくなるとともに輝度が低くなる。

【0007】

本発明の目的は、高効率な白色光の取り出しが可能な有機EL素子を提供することである。

【0008】**【課題を解決するための手段および発明の効果】**

本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子は、ホール注入層と電子注入層との間に発光層を備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、発光層は、異なる2種以上の発光材料を含み、異なる2種以上の発光材料のうち少なくとも1種は燐光発光材料であるものである。

【0009】

本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、ホール注入層から発光層にホールが供給され、電子注入層から発光層に電子が供給される。それにより、発光層に含まれる異なる2種以上の発光材料が発光する。この場合、それらの光の1種以上は燐光である。したがって、発光層は光強度の高い光を発しする。その結果、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0010】

発光層は、短波長発光層と長波長発光層とを含み、短波長発光層が発する光のピーク波長のうち少なくとも1つは430nm～520nmの範囲にあり、長波長発光層が発する光のピーク波長のうち少なくとも1つは520nm～630nmの範囲にあってもよい。

【0011】

この場合、短波長発光層は主として青色光を発し、長波長発光層は主としてオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0012】

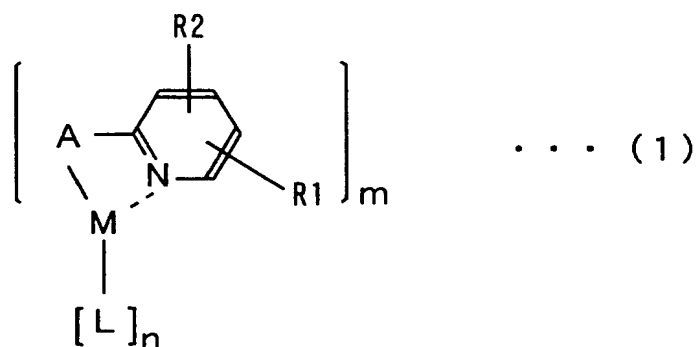
長波長発光層は、第1のホスト材料と第1の燐光発光材料とを含み、第1の燐光発光材料は、下記式(1)で表される分子構造を有し、式(1)中のAは置換基であり、R1およびR2はそれぞれ同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基であり、Lは置換基であり、Mは重金属であり、mは1、2または3であり、 $2m + 2n = 6$ または $2m + n = 6$ であってもよい。

【0013】

この場合、長波長発光層は光強度の高いオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0014】

【化6】



【0015】

R1は水素原子であり、R2は下記式(2)で表される分子構造を有し、式(2)中のR3は水素原子、ハロゲン原子または置換基であってもよい。

【0016】

この場合、長波長発光層は光強度の高いオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0017】

【化7】



【0018】

Aは下記式(3)で表される分子構造を有し、式(3)中のR4は水素原子、ハロゲン原子または置換基であってもよい。

【0019】

この場合、長波長発光層は光強度の高いオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0020】

【化8】



【0021】

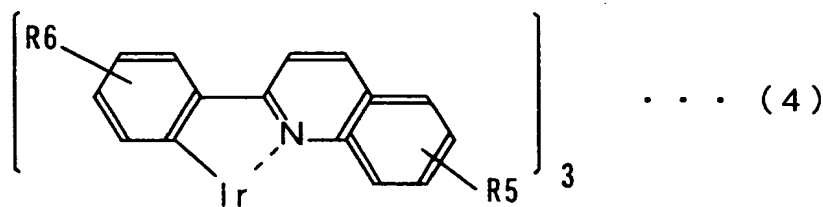
第1の燐光発光材料は、下記式(4)の分子構造を有するトリス(2-フェニルキノリン)イリジウム骨格を有し、式(4)中のR5およびR6は同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基であってもよい。

【0022】

この場合、長波長発光層は光強度の高いオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0023】

【化9】



【0024】

陽極と陰極とをさらに備え、陽極と陰極との間に長波長発光層および短波長発光層が順に形成され、長波長発光層は、ホール輸送能力を有する第1の補助ドーパントをさらに含んでもよい。

【0025】

この場合、陽極から長波長発光層に供給されるホールが長波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと陰極から短波長発光層に供給される電子とが短波長発光層において再結合しやすくなる。したがって、陽極から長波長発光層に供給されるホールの大部分が長波長発光層において電子と再結合することにより長波長発光層のオレンジ光の発光強度が短波長発光層の青色光の発光強度に比べて高くなることが防止される。

【0026】

第1の燐光発光材料および第1の補助ドーパントの合計の体積率は、長波長発光層に対して3～40%であってもよい。この場合、陽極から長波長発光層に供給されるホールが長波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが短波長発光層において再結合しやすくなる。

【0027】

第1のホスト材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH5、第1の燐光発光材料の最高被占有分子軌道のレベルH4および第1の補助ドーパントの最高被占有分子軌道のレベルH6は、上式(5)～(7)で表される関係を満足してもよい。

【0028】

$$H4 < H6 < H5 \quad \cdots (5)$$

$$|H6 - H4| < 0.4 \text{ eV} \quad \cdots (6)$$

$$|H5 - H6| < 0.4 \text{ eV} \quad \cdots (7)$$

この場合、陽極から長波長発光層に供給されるホールが長波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが短波長発光層において再結合しやすくなる。

【0029】

第1の補助ドーパントは、アミン系材料、アントラセン誘導体またはイリジウム錯体から構成されてもよい。この場合、陽極から長波長発光層に供給されるホールが長波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが短波長発光層において再結合しやすくなる。

【0030】

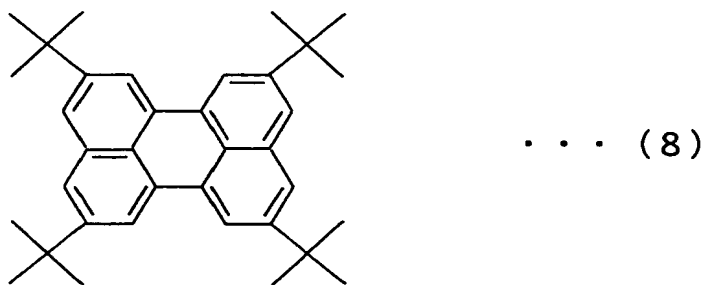
長波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度と短波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度との比が100対20～100であってもよい。この場合、オレンジ光の光強度と青色光の光強度が同程度となる。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0031】

短波長層は、第2のホスト材料と第2の燐光発光材料とを含み、第2の燐光発光材料は、下記式(8)で表される分子構造を有し、式(8)中のB1は置換基であってもよい。

【0032】

【化10】



【0033】

この場合、短波長発光層は光強度の高い青色光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0034】

陽極と陰極とをさらに備え、陽極と陰極との間に短波長発光層および長波長発光層が順に形成され、短波長発光層は、ホール輸送能力を有する第2の補助ドーパントをさらに含んでもよい。

【0035】

この場合、陽極から短波長発光層に供給されるホールが短波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと陰極から長波長発光層に供給される電子とが長波長発光層において再結合しやすくなる。したがって、陽極から短波長発光層に供給されるホールの大部分が短波長発光層において電子と再結合することにより短波長発光層のオレンジ光の発光強度が長波長発光層のオレンジ光の発光強度に比べて高くなることが防止される。

【0036】

第2の燐光発光材料と第2の補助ドーパントとの合計の体積率は、短波長発光層に対して3～40%であってもよい。この場合、陽極から短波長発光層に供給されるホールが短波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが長波長発光層において再結合しやすくなる。

【0037】

第2のホスト材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH3、第2の燐光発光材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH1および第2の補助ドーパントの最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH2は、(9)で表される関係を満足してもよい。

【0038】

$$H2 < H1 < H3 \quad \cdots (9)$$

この場合、陽極から短波長発光層に供給されるホールが短波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが長波長発光層において再結合しやすくなる。

【0039】

第2の補助ドーパントは、アミン系材料、アントラセン誘導体またはイリジウム錯体から構成されてもよい。この場合、陽極から短波長発光層に供給されるホールが短波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが長波長発光層において再結合しやすくなる。

【0040】

短波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度と長波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度との比が100対20～100であってもよい。この場合、青色光の光強度とオレンジ光の光強度が同程度となる。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0041】**【発明の実施の形態】****(第1の実施の形態)**

図1は、本発明の一実施の形態に係る有機EL素子を示す模式的な断面図であ

る。

【0042】

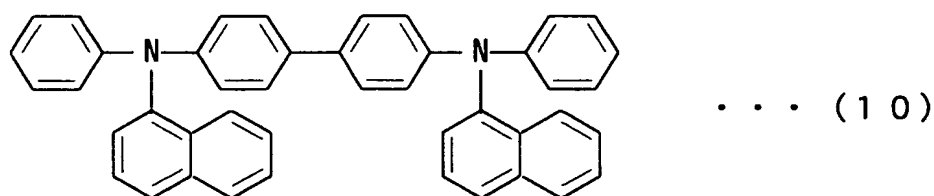
図1に示す有機EL素子100の作製時には、予めガラス基板1上に $\text{In}_2\text{O}_3-\text{SnO}_2$ (ITO) からなる陽極2を形成し、この陽極2上に、 10^{-4}Pa 台の真空度で蒸着法により、ホール注入層3、ホール輸送層4、青色光発光層5、オレンジ光発光層6、電子輸送層7および電子注入層8を順に形成して有機薄膜層10を形成する。さらに、この有機薄膜層10上に、マグネシウムとインジウムとの合金 ($\text{Mg}:\text{In}$) からなる陰極9を形成する。

【0043】

ホール輸送層4は、例えば、下記式(10)で表される分子構造を有するN, N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N, N'-ジフェニルベンジジン (N, N'-Di(naphthalene-1-yl)-N, N'-diphenyl-benzidine: 以下、NPBと称する)、下記式(11)で表される分子構造を有する4, 4'-トリス(N-(2-ナフチル)-N-フェニル-アミノ)-トリフェニルアミン (4, 4'-tris(N-(2-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine: 以下、2TNATAと称する)、N, N'-ビス-(3-メチルフェニル)-N, N'-ビス-(フェニル)-ベンジジン (N, N'-Bis-(3-methylphenyl)-N, N'-bis-(phenyl)-benzidine: 以下、TPDと称する) 等のアミン系材料から構成される。

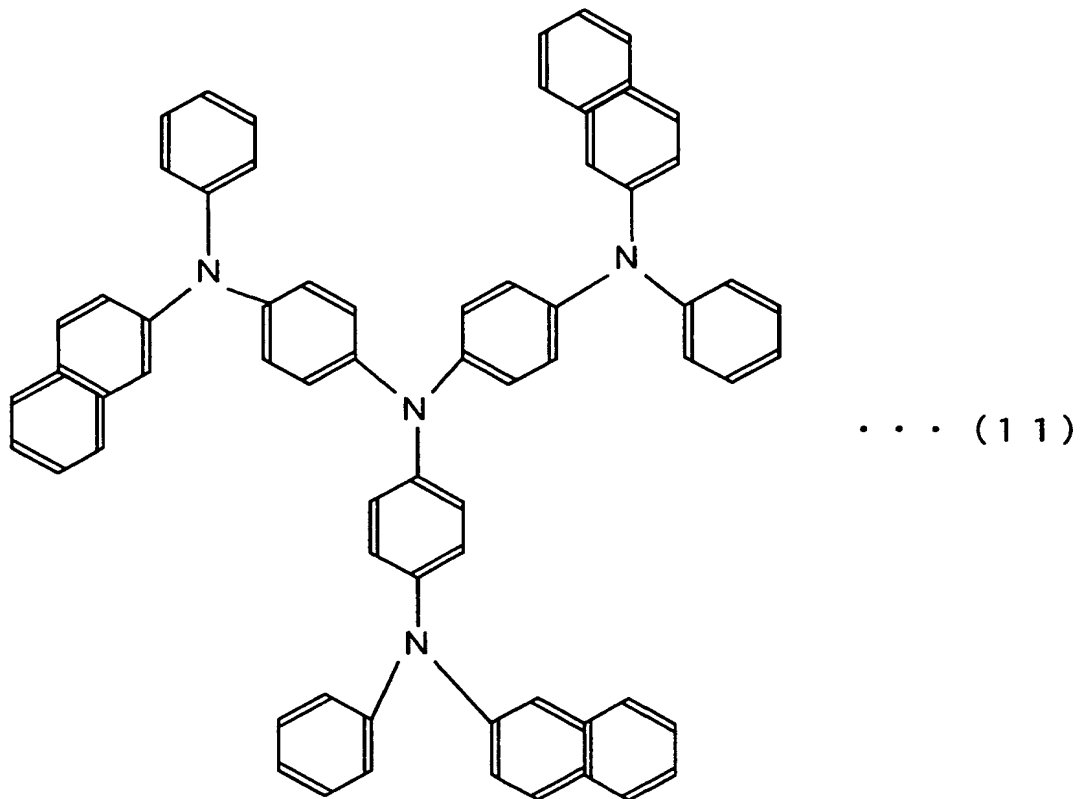
【0044】

【化11】



【0045】

【化 1 2】

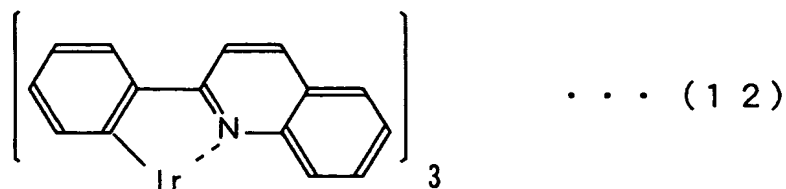


【0046】

また、ホール輸送層 4 は、下記式 (12) で表される分子構造を有するルブレ
ン (Rubrene) 等のアントラセン誘導体または下記式 (13) で表される
分子構造を有するトリス (2-フェニルピリジン) インジウム (Tris(2-phenylp
yridine)iridium: 以下、Ir (ppy) 3 と称する) から構成されてもよい。

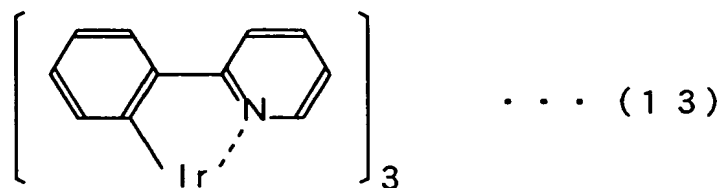
【0047】

【化 1 3】



【0048】

【化14】



【0049】

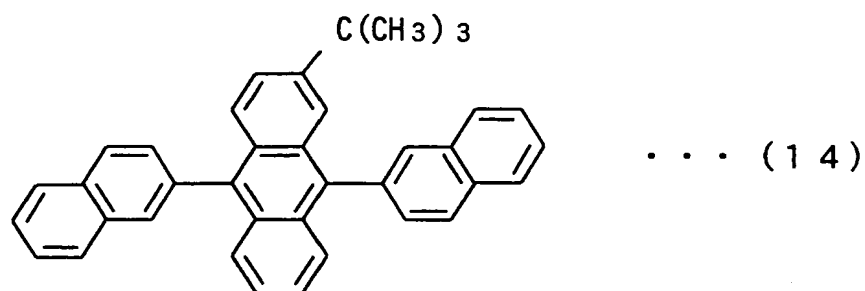
青色光発光層5は、発光ドーパントおよび補助ドーパントがドーピングされたホスト材料から構成される。

【0050】

青色光発光層5のホスト材料は、例えば、下記式(14)で表される分子構造を有するtert-ブチル置換ジナフチルアントラセン(以下、化合物Aと称する)から構成される。

【0051】

【化15】

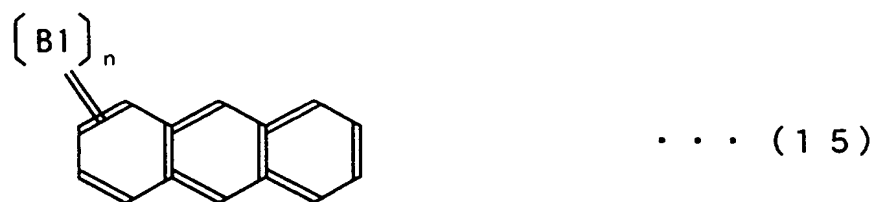


【0052】

また、青色光発光層5のホスト材料にドーピングされる発光ドーパントは、下記式(15)の分子構造を有することが好ましい。

【0053】

【化16】



【0054】

式(15)中のB1は後述の置換基を示し、nは、1～10の整数である。nが2以上の場合、B1は同一または異なっているいてもよい。B1は、例えば、フェニル基、ヘテロアリール基等のアニール基であり、ヘテロ原子に酸素原子、硫黄原子もしくは窒素原子および／またはハロゲン原子を有してもよく、ヘテロ原子にヒドロキシ基、アミノ基、スルホ基、ホスホ基、カルボキシ基、アルデヒド基、カルバゾール基等から選択された置換基を有してもよく、あるいはヘテロ原子に酸素原子、硫黄原子もしくは窒素原子および／またはハロゲン原子ならびに上記の置換基を有してもよい。また、B1は、アントラセン環のいずれの位置に置換されていてもよく、複数アントラセン環に置換されていてもよい。B1は、互いに異なる複数の置換基であってもよい。

【0055】

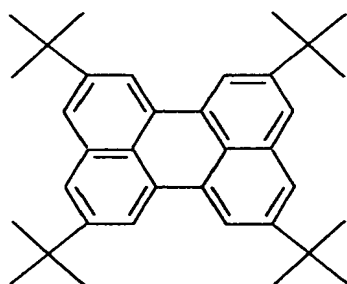
上記発光ドーパントが発する光強度のピーク波長は、430nm～510nmである。それにより、青色光発光層5は、主として青色光を発する。

【0056】

例えば、青色光発光層5のホスト材料にドーパされる発光ドーパントには、下記式(8)で表される分子構造を有する1,4,7,10-テトラターシャリーブチルペリレン(1,4,7,10-Tetra-tert-butylPerylene:以下、TBPと称する)が用いられる。

【0057】

【化17】



... (8)

【0058】

青色光発光層5のホスト材料にドーパされる補助ドーパントには、ホール輸送層として用いたNPBまたはルブレンが用いられる。

【0059】

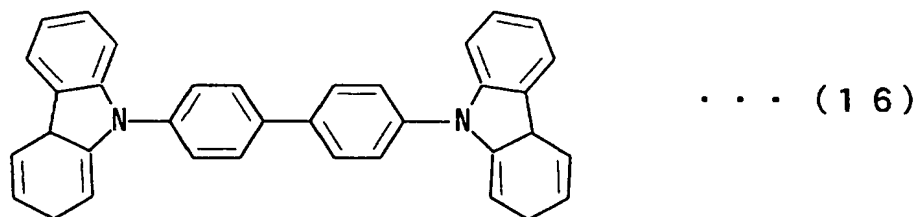
青色光発光層 5 は、例えば、ホスト材料に対して発光ドーパントの体積率が 2 % 程度であり、補助ドーパントの体積率が 0 % ~ 40 % である。補助ドーパントの好ましい体積率は、3 % ~ 40 % である。

【0060】

オレンジ光発光層 6 は、発光ドーパントがドーピングされたホスト材料から構成される。オレンジ光発光層 6 のホスト材料は、例えば、下記式 (16) で表される分子構造を有する 4, 4'-ビス(カルバゾール-9-イル)-ビフェニル (4, 4'-Bis(carbazol-9-yl)-biphenyl: 以下 CBP と称する) から構成される。

【0061】

【化 18】

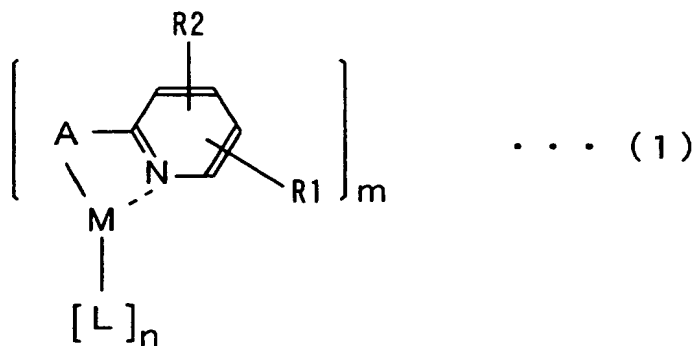


【0062】

オレンジ光発光層 6 のホスト材料にドーピングされる発光ドーパントは、下記式 (1) で表される分子構造を有することが好ましい。なお、式 (1) 中の R1 および R2 は互いに同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基である。A は置換基であり、L は配位子であり、M は重金属である。

【0063】

【化 19】



【0064】

R 1 および R 2 の置換基は、例えば、シアノ基、シリル基、アルキニル基、アルケニル基、アルコキシ基、ヒドロキシ基、アミノ基、ニトロ基、ニトリル基、スルホ基、カルボキシ基、アルデヒド基等であり、20 個までの炭素原子を有する飽和もしくは不飽和の直鎖もしくは枝分かれ状のものである。

【0065】

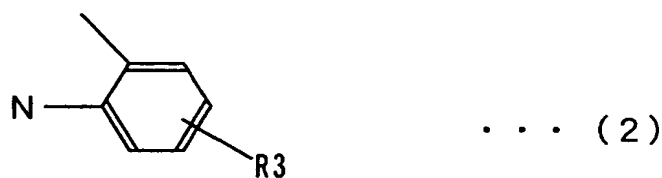
あるいは、R 1 および R 2 の置換基は、ピリジン環と縮合するアリール基、複素芳香族基、縮合芳香族基等である。これらの基は、アルキル基、アルケニル基、アシクロアルキル基、アリール基等を有し、アニール基は、例えば、フェニル基またはヘテロアリール基であり、ヘテロ原子に酸素原子、硫黄原子もしくは窒素原子、ハロゲン、ヒドロキシ基、アミノ基、スルホ基、ホスホ基、カルボキシ基、アルデヒド基等から選択された置換基を有してもよい。R 1 と R 2 とは互いに結合または環化してもよい。

【0066】

上記式 (1) の R 1 が水素原子であり、R 2 が下記式 (2) に示される置換基であってもよい。上記式 (2) 中の R 3 は水素原子、ハロゲン原子または置換基である。

【0067】

【化 20】



【0068】

なお、R 3 の置換基は、例えば、 $-C_n H_{2n+1}$ ($n = 0 \sim 10$)、フェニル基、ナフチル基、チオフェン基、 $-CN$ 、 $-N(C_n H_{2n+1})_2$ ($n = 1 \sim 10$)、 $-COOC_n H_{2n+1}$ ($n = 1 \sim 10$)、 $-F$ 、 $-Cl$ 、 $-Br$ 、 $-I$ 、 $-OC H_3$ 、 $-OC_2 H_5$ 等であってもよい。

【0069】

式 (1) 中の L の配位子は、例えば、ハロゲン配位子、ピコリン酸、サリチル

酸等のカルボン酸配位子、イミン配位子、アセチルアセトン、ジベンゾイルメタン等のジケトン配位子、リン配位子、フェニルピリジン等のオルトカルボメタル化配位子等であってもよい。

【0070】

また、上記式(1)中のMの重金属が白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、レニウム等であってもよい。

【0071】

上記式(1)中のm, nは、 $2m + 2n = 6$ または $2m + n = 6$ ($m = 1, 2, 3$) の関係を有する。Lは、Mに対して単座または2座配位子である。

【0072】

また、上記式(1)中のAの置換基は下記式(3)であってもよい。

【0073】

【化21】



【0074】

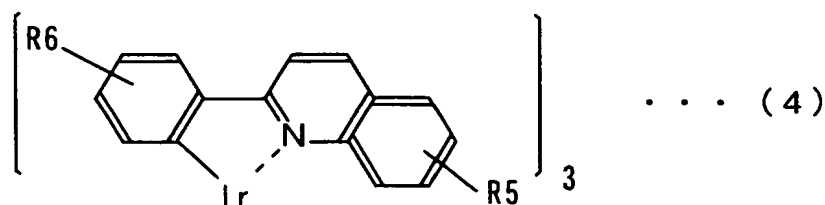
なお、式(3)中のR4は水素原子、ハロゲン原子または置換基を示す。R4の置換基は、例えば、 $-C_n H_{2n+1}$ ($n = 0 \sim 10$)、フェニル基、ナフチル基、チオフェン基、 $-CN$ 、 $-N(C_n H_{2n+1})_2$ ($n = 1 \sim 10$)、 $-COOC_n H_{2n+1}$ ($n = 1 \sim 10$)、 $-F$ 、 $-Cl$ 、 $-Br$ 、 $-I$ 、 $-OCH_3$ 、 $-OC_2 H_5$ 等であってもよい。

【0075】

また、上記式(1)の化合物が下記式(4)で表される分子構造を有するトリス(2-フェニルキノリン)イリジウム(Tris(2-phenylquinoline)iridium:以下Ir(phq)と称する)骨格を有してもよい。

【0076】

【化 2 2】



【0077】

式(4)中のR5およびR6は水素原子、ハロゲン原子または置換基である。
式(4)中のR4は水素原子、ハロゲン原子または置換基を示す。R5およびR6の置換基は、例えば、 $-C_nH_{2n+1}$ ($n=0\sim10$)、フェニル基、ナフチル基、チオフェン基、 $-CN$ 、 $-N(C_nH_{2n+1})_2$ ($n=1\sim10$)、 $-COOC_nH_{2n+1}$ ($n=1\sim10$)、 $-F$ 、 $-Cl$ 、 $-Br$ 、 $-I$ 、 $-OCH_3$ 、 $-OC_2H_5$ 等であってもよい。

【0078】

上記発光ドーパントが発する光強度のピーク波長は、 $520\text{ nm}\sim680\text{ nm}$ である。それにより、オレンジ光発光層6は、主としてオレンジ光を発する。また、オレンジ光発光層6は、例えば、ホスト材料の膜厚に対して発光ドーパントが6.5%程度である。

【0079】

図2は、第1の実施の形態に係る有機EL素子におけるホール輸送層4、青色光発光層5、ドーパントおよび補助ドーパントの最低空分子軌道(LUMO)および最高被占有分子軌道(HOMO)のエネルギー準位を示す図である。

【0080】

図1で説明したように、ホール輸送層4と補助ドーパントとは同一材料を用いているため、ホール輸送層4のHOMOレベルH0と補助ドーパントのHOMOレベルH1とは同エネルギー準位である。

【0081】

図2に示すように、青色光発光層5においては、(補助ドーパントのHOMOレベルH1) < (発光ドーパントのHOMOレベルH2) < (ホスト材料のHOMOレベルH3)の関係が成立する。なお、ホールのエネルギーは矢印の方向に

高くなる。

【0082】

それにより、ホール輸送層 4 から青色光発光層 5 に供給されたホールは、青色光発光層 5 を通過しやすく、図 1 のオレンジ光発光層 6 に到達しやすい。その結果、電子とホールとがオレンジ光発光層 6 において再結合しやすくなる。したがって、ホール輸送層 4 から青色光発光層 5 に供給されるホールの大部分が青色光発光層 5 において電子と再結合することにより青色光発光層 5 の青色光の発光強度がオレンジ光発光層 6 でのオレンジ光の発光強度に比べて高くなることが防止される。

【0083】

この場合、青色光発光層 5 が発する青色光の強度とオレンジ光発光層 6 が発するオレンジ光の強度との比は、100対20～100となる。したがって、図 1 の有機 EL 素子は、効率良く白色光を発することができる。

【0084】

本実施の形態においては、青色光発光層 5 が短波長発光層に相当し、オレンジ光発光層 6 が長波長発光層に相当し、青色光発光層 5 のホスト材料が第 1 のホスト材料に相当し、青色光発光層 5 のホスト材料にドーピングされる発光ドーパントが第 1 の燐光発光材料に相当し、青色光発光層 5 のホスト材料にドーピングされる補助ドーパントが第 1 の補助ドーパントに相当し、オレンジ光発光層 6 のホスト材料が第 2 のホスト材料に相当し、オレンジ光発光層 6 のホスト材料にドーピングされる発光ドーパントが第 2 の燐光発光材料に相当し、オレンジ光発光層 6 のホスト材料にドーピングされる補助ドーパントが第 2 の補助ドーパントに相当する。

【0085】

(第 2 の実施の形態)

図 3 は、第 2 の実施の形態に係る有機 EL 素子を示す模式的な断面図である。

【0086】

図 3 の有機 EL 素子が図 1 の有機 EL 素子と異なる点は、図 3 の青色光発光層 5 a およびオレンジ光発光層 6 a が図 1 の青色光発光層 5 およびオレンジ光発光層 6 と逆に形成されている点である。

【0087】

オレンジ光発光層 6 a は、図 1 のオレンジ光発光層 6 のホスト材料に補助ドーパントがドーピングされた構成を有する。オレンジ光発光層 6 a のホスト材料にドーピングされる補助ドーパントには、ホール輸送層 4 に用いられる NPB、ルブレンまたは Ir (ppy) が用いられる。

【0088】

オレンジ光発光層 6 a は、例えば、ホスト材料に対して発光ドーパントの体積率が 6.5% 程度であり、補助ドーパントの体積率が 0% ~ 40% である。補助ドーパントの好ましい体積率は、3% ~ 40% である。

【0089】

青色光発光層 5 a は、図 1 の青色光発光層 5 のホスト材料に補助ドーパントがドーピングされていない構成を有する。

【0090】

図 4 は、第 2 の実施の形態に係る有機 EL 素子におけるホール輸送層 4、オレンジ光発光層 6 a、ドーパントおよび補助ドーパントの最低空分子軌道 (LUMO) および最高被占有分子軌道 (HOMO) のエネルギー準位を示す図である。

【0091】

図 3 で説明したように、ホール輸送層 4 と補助ドーパントとは同一材料を用いているため、ホール輸送層 4 の HOMO レベル H0 と補助ドーパントの HOMO レベル H1 とは同エネルギー準位である。

【0092】

図 3 に示すように、オレンジ光発光層 6 a おいては、(発光ドーパントの HOMO レベル H4) < (補助ドーパントの HOMO レベル H1) < (ホスト材料の HOMO レベル H5) の関係が成り立つ。また、それぞれの HOMO レベルに関して、 $|(補助ドーパントの HOMO レベル H1) - (発光ドーパントの HOMO レベル H4)| < 0.4 \text{ eV}$ の関係と $|(ホスト材料の HOMO レベル H5) - (補助ドーパントの HOMO レベル H1)| < 0.4 \text{ eV}$ の関係とが成立する。

【0093】

それにより、ホール輸送層 4 からオレンジ光発光層 6 a に供給されたホールは、オレンジ光発光層 6 a を通過しやすく、図 3 の青色光発光層 5 a に到達しやすい。その結果、電子とホールとが青色光発光層 5 a において再結合しやすくなり、青色光発光層 5 a が発する光の強度が大きくなる。

【0094】

それにより、ホール輸送層 4 からオレンジ光発光層 6 a に供給されたホールは、オレンジ光発光層 6 a を通過しやすく、図 3 の青色光発光層 5 a に到達しやすい。その結果、電子とホールとが青色光発光層 5 a において再結合しやすくなる。したがって、ホール輸送層 4 からオレンジ光発光層 6 a に供給されるホールの大部分がオレンジ光発光層 6 a において電子と再結合することによりオレンジ光発光層 6 a のオレンジ光の発光強度が青色光発光層 5 a での青色光の発光強度に比べて高くなることが防止される。

【0095】

この場合、オレンジ光発光層 6 a が発するオレンジ光の強度と青色光発光層 5 a が発する青色光の強度との比は、100対20～100となる。したがって、図 2 の有機 EL 素子は、効率良く白色光を発することができる。

【0096】

【実施例】

以下、実施例 1～8 においては、青色光発光層 5，5 a およびオレンジ光発光層 6，6 a に用いるホスト材料およびドーパントの種類ならびにそれらの構成比率を変えて有機 EL 素子を作製し、ホスト材料およびドーパントの種類ならびにそれらの構成比率が発光効率に及ぼす影響を調べた。

【0097】

実施例 1～8 および比較例 2 に使用した式 (4) の構造の $I_r(p h q)$ において、R 5 および R 6 は水素原子を示す。

【0098】

なお、実施例 1～3，7 および比較例 1 の有機 EL 素子においては、第 1 の実施の形態の有機 EL 素子の構造を有し、ホール注入層 3 の膜厚は 10 nm、ホール輸送層 4 の膜厚は 50 nm、青色光発光層 5 の膜厚は 10 nm、オレンジ光発

光層 6 の膜厚は 25 nm、電子輸送層 7 の膜厚は 20、電子注入層 8 の膜厚は 1 nm、陰極 9 の膜厚は 200 nm である。

【0099】

実施例 4～6, 8 および比較例 2 の有機 EL 素子においては、第 2 の実施の形態の有機 EL 素子の構造を有し、ホール注入層 3 の膜厚は 10 nm、ホール輸送層 4 の膜厚は 50 nm、オレンジ光発光層 6a の膜厚は 10 nm、青色光発光層 5a の膜厚は 25 nm、電子輸送層 7 の膜厚は 20、電子注入層 8 の膜厚は 1 nm、陰極 9 の膜厚は 200 nm である。

【0100】

以下、第 1 の実施の形態の有機 EL 素子の構造を構造 A と呼び、第 2 の実施の形態の有機 EL 素子の構造を構造 B と呼ぶ。

【0101】

(実施例 1)

実施例 1 では、構造 A の有機 EL 素子を作製した。まず、ガラス基板 1 上に、陽極 2 を 80 nm スパッタにより形成した。陽極 2 を形成したガラス基板 1 を中性洗剤および純水で洗浄した後、100℃で10時間以上ベークした。その後、UV/03 洗浄を行い、 1×10^{-4} Pa 以下まで減圧した真空蒸着装置の槽内にセットした。

【0102】

ホール注入層 3 として CuPc を形成した後、ホール輸送層 4 として NPB を真空蒸着により形成した。次に、化合物 A をホスト材料とし、TBP を発光ドーパントとして青色光発光層 5 を形成した。TBP は、青色光発光層 5 に対して体積率が 2% になるようにドーブした。

【0103】

次に、CBP をホスト材料とし、Ir(phq) を発光ドーパントとしてオレンジ光発光層 6 を形成した。Ir(phq) は、オレンジ光発光層 6 に対して体積率が 6.5% になるようにドーブした。

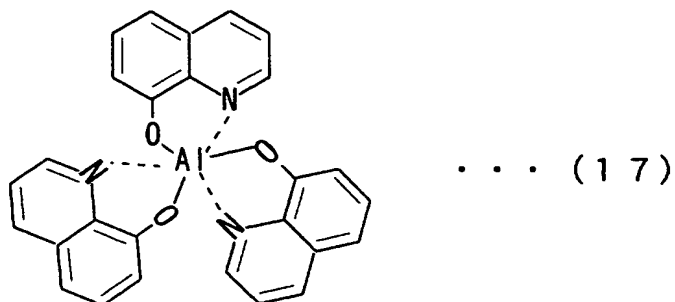
【0104】

次いで、電子輸送層 7 として下記式 (17) で表される分子構造を有するトリ

ス（8-ヒドロキシキノリナト）アルミニウム（Tris(8-hydroxyquinolino)aluminum: 以下、Alq と称する）を形成した。電子注入層 8 として LiF を形成し、陰極 9 として Al を形成した。有機 EL 素子を、乾燥剤を塗布したガラス板を用いて接着剤で露点 -80℃ の雰囲気下で封止した。その結果を表 1 に示す。

【0105】

【化 23】



【0106】

【表1】

	素子構造	青色光 発光層 ホスト材料/ 発光ドープ	青色光 発光層 補助ドープ	緑色光 発光層/ ホスト材料/ 発光ドープ	緑色光 発光層 補助ドープ	発光色 (CIE x, y)	発光効率 (cd/A at 10mA /cm ²)	青色光発光層/ オレンジ光 発光層 発光ドープ 強度比	駆動 電圧 (V at 10mA /cm ²)
実施例1	A	化合物A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	なし	0.21, 0.36	6.8	100/21	9
実施例2	A	化合物A/TBP	NPB	CBP/Ir(phq)	なし	0.32, 0.37	24.3	100/62	7.1
実施例3	A	化合物A/TBP	NPB	CBP/Ir(phq)	なし	0.50, 0.42	5.1	23/100	8.2
実施例4	B	化合物A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	NPB	0.41, 0.42	22.7	59/100	7.9
実施例5	B	化合物A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	NPB	0.50, 0.45	13.8	21/100	8.6
実施例6	B	化合物A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	Ir(ppp)	0.47, 0.43	14.0	26/100	8.2
比較例1	A	化合物A/TBP	なし	Alq/DCJTb	なし	0.21, 0.34	2.3	100/8	8.1
比較例2	B	化合物A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	なし	0.55, 0.41	19.8	16/100	10.4

【0107】

(実施例2)

実施例 2 では、実施例 1 において、化合物 A に TBP をドーピングするとともに補助ドーパントとして NPB をドーピングした。TBP および NPB は、青色光発光層 5 に対して体積率がそれぞれ 2 % および 10 % になるようにドーピングした。その他は実施例 1 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。その結果を表 1 に示す。

【0108】

(実施例 3)

実施例 3 では、実施例 2 において、化合物 A に TBP および NPB をドーピングする代わりに、TBP およびルブレンをドーピングした。TBP およびルブレンは、青色光発光層 5 に対して体積率がそれぞれ 2 % および 10 % になるようにドーピングした。その他は実施例 2 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。その結果を表 1 に示す。

【0109】

(実施例 4)

実施例 4 では、構造 B の有機 EL 素子を作製した。実施例 1 において、ホール輸送層 4 の形成後に、CBP をホスト材料とし、Ir (phq) を発光ドーパントとし、NPB を補助ドーパントとしてオレンジ光発光層 6 a を形成した。Ir (phq) および NPB は、オレンジ光発光層 6 a に対して体積率がそれぞれ 6.5 % および 10 % になるようにドーピングした。

【0110】

オレンジ光発光層 6 a を形成した後に、化合物 A をホスト材料とし、TBP を発光ドーパントとして青色光発光層 5 a を形成した。TBP は、青色光発光層 5 a に対して体積率が 2.0 % になるようにドーピングした。その他は実施例 1 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。その結果を表 1 に示す

(実施例 5)

実施例 5 では、実施例 4 において、Ir (phq) および NPB を CBP にドーピングする代わりに、Ir (phq) およびルブレンを CBP にドーピングした。Ir (phq) およびルブレンは、オレンジ光発光層 6 a に対して体積率がそれぞれ 6.5 % および 10 % になるようにドーピングした。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0111】

(実施例6)

実施例6では、実施例4において、Ir(phq)およびNPBをCBPにドープする代わりに、Ir(phq)およびIr(ppy)をCBPにドープした。Ir(phq)およびIr(ppy)は、オレンジ光発光層6aに対して体積率がそれぞれ6.5%および2%になるようにドープした。その他は実施例4と同じ方法で有機EL素子を作製した。

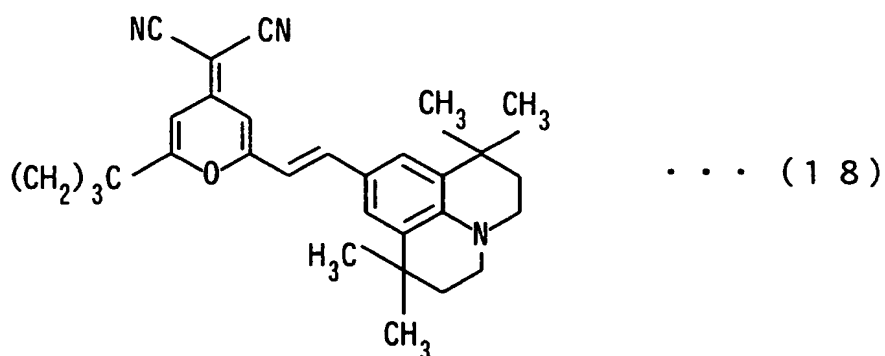
【0112】

(比較例1)

比較例1では、実施例1において、CBPにIr(phq)をドープする代わりにAlqをホストとして下記式(18)で表される分子構造を有する(2-(1,1-ジメチルエチル)-6-(2-(2,3,6,7-テトラヒドロ-1,1,7,7-テトラメチル-III,5II-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル)-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル((2-(1,1-Dimethylethyl)-6-(2-(2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-III,5II-benzo[ij]quinolizin-9-yl)ethenyl)-4H-pyran-4-ylidene)propanedinitrile: 以下DCJTBと称する)をドープした。DCJTBは、オレンジ光発光層6に対して体積率が1.0%になるようにドープした。その他は実施例1と同じ方法で有機EL素子を作製した。

【0113】

【化24】



【0114】

(比較例 2)

比較例 2 では、実施例 4 において、NPB をホスト材料にドーピングしなかった。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。その結果を表 1 に示す。

【0115】

(評価 1)

実施例 1～6 および比較例 1, 2 で作製した有機 EL 素子の発光特性を測定した。表 1 に実施例 1～6 および比較例 1, 2 で作製した有機 EL 素子の構造、各層の材料および発光特性の測定結果を示す。

【0116】

実施例 1～6 で作製した有機 EL 素子は、オレンジ発光層 6 または 6a に Ir (phq) がドーピングされることにより、比較例 1 に比較して発光効率が 2 倍以上となった。特に実施例 2, 4 においては、発光効率が大幅に向上した。

【0117】

また、実施例 1～6 で作製した有機 EL 素子は、青色光ピーク強度とオレンジ光ピーク強度との比が改善されている。比較例 1, 2 では、青色光ピーク強度およびオレンジ光ピーク強度のいずれか一方の光ピーク強度が過度に高い。それに比較して、実施例 2～6 では、青色光ピーク強度とオレンジ光ピーク強度との比が平滑化されている。これは、図 2 および図 4 で説明したように、補助ドーパントを青色光発光層 5 またはオレンジ光層発光層 6a にドーピングすることにより、ホールが通過しやすくなり、電子とホールとが結合する位置が変化したためである。

【0118】

図 5 は、実施例 1, 2, 4 および比較例 2 で作製した有機 EL 素子が発する光強度スペクトルを示す図である。図 5 の縦軸は光強度を示し、横軸は光の波長を示す。

【0119】

図 5 に示すように、実施例 1 で作製した有機 EL 素子においては、青色光は光強度の高いピークを有するが、オレンジ光は光強度のピークがほとんど見られな

い。それに比較して、実施例 2 で作製した有機 EL 素子においては、青色光およびオレンジ光の両方が高いピークを有する。それにより、実施例 2 の有機 EL 素子は、効率良く白色光を発することがわかる。

【0120】

また、比較例 2 で作製した有機 EL 素子においては、オレンジ光は光強度の高いピークを有するが、青色光の光強度のピークはほとんど見られない。それに比較して、実施例 4 で作製した有機 EL 素子においては、青色光およびオレンジ光の両方が光強度の高いピークを有する。それにより、実施例 4 の有機 EL 素子は、効率良く白色光を発することがわかる。

【0121】

(実施例 7)

実施例 7 では、実施例 2 において、青色光発光層 5 に対して NP B の体積率を 0 % ~ 50 % まで変化させた。その他は実施例 2 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0122】

(評価 2)

実施例 7 で作製した有機 EL 素子の各発光特性を測定した。図 6 は、NP B ドープ濃度とオレンジ発光層 6 の発光ピーク強度および発光色 (CIE の x 値) との関係の測定結果を示す図である。図 6 の縦軸は青色光発光層 5 の発光ピーク強度を 100 とした場合のオレンジ光発光層 6 の発光ピーク強度の比および CIE の x 値である。横軸は青色光発光層 5 にドープした NP B の濃度である。

【0123】

図 6 に示すように、NP B の体積率が 10 % を超えるとオレンジ発光層 6 の高い発光ピーク強度比が得られた。

【0124】

(実施例 8)

実施例 8 では、実施例 4 において、オレンジ光発光層 6 a に対して NP B の体積率を 0 % ~ 50 % まで変化させた。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0125】

(評価3)

実施例8で作製した有機EL素子の各特性を測定した。図7は、NPBドーブ濃度と青色光発光層5aの発光ピーク強度および発光色(CIEのx値)との関係の測定結果を示す図である。

【0126】

図7の縦軸はオレンジ光発光層6aの発光ピーク強度を100とした場合の青色光発光層5aの発光ピーク強度の比およびCIEのx値である。横軸はオレンジ光発光層6aにドーブしたNPBの濃度である。

【0127】

図7に示すように、NPBの体積率が10%を超えると青色光発光層5aの高い発光ピーク強度比が得られた。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施の形態に係る有機EL素子を示す模式的な断面図である。

【図2】

第1の実施の形態に係る有機EL素子におけるホール輸送層、青色光発光層、ドーパントおよび補助ドーパントの最低空分子軌道(LUMO)および最高被占有分子軌道(HOMO)のエネルギー準位を示す図である。

【図3】

第2の実施の形態に係る有機EL素子を示す模式的な断面図である。

【図4】

第2の実施の形態に係る有機EL素子におけるホール輸送層、オレンジ光発光層、ドーパントおよび補助ドーパントの最低空分子軌道(LUMO)および最高被占有分子軌道(HOMO)のエネルギー準位を示す図である。

【図5】

実施例1, 2, 4および比較例2で作製した有機EL素子が発する光強度スペクトルを示す図である。

【図6】

N P B ドープ濃度とオレンジ発光層の発光ピーク強度および発光色（C I E の x 値）との関係の測定結果を示す図である。

【図 7】

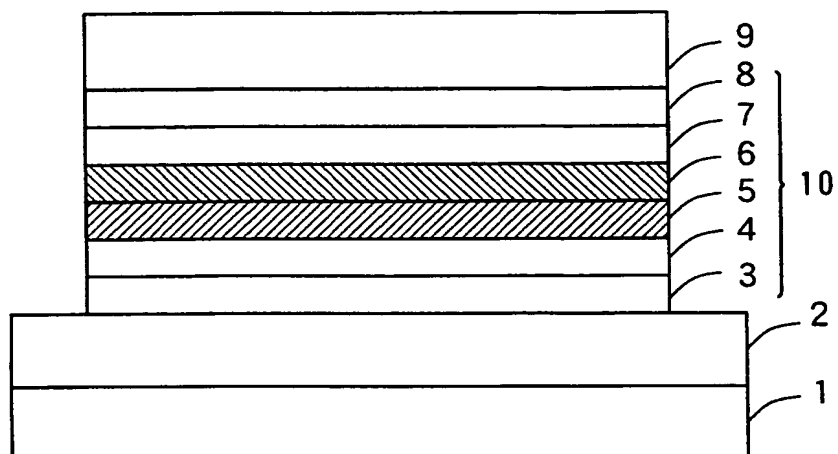
N P B ドープ濃度と青色光発光層の発光ピーク強度および発光色（C I E の x 値）との関係の測定結果を示す図である。

【符号の説明】

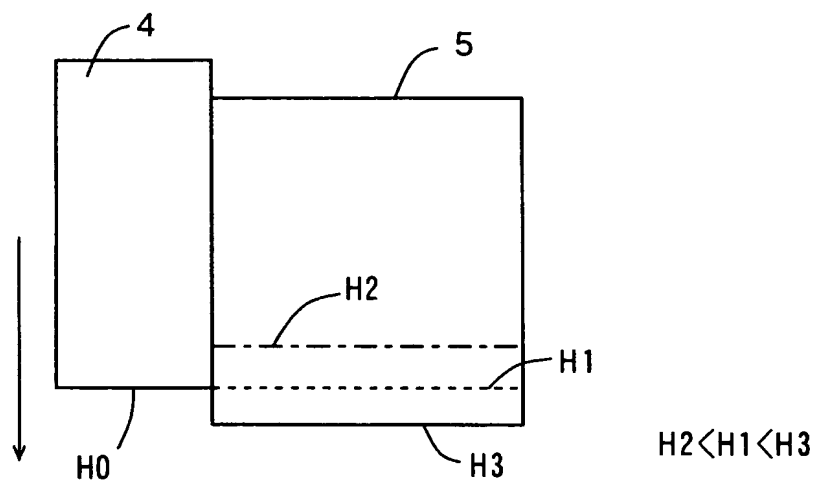
- 1 ガラス基板
- 2 陽極
- 3 ホール注入層
- 4 ホール輸送層
- 5, 5 a 青色光発光層
- 6, 6 a オレンジ光発光層
- 7 電子輸送層
- 8 電子注入層
- 9 陰極
- 1 0 有機薄膜層

【書類名】 図面

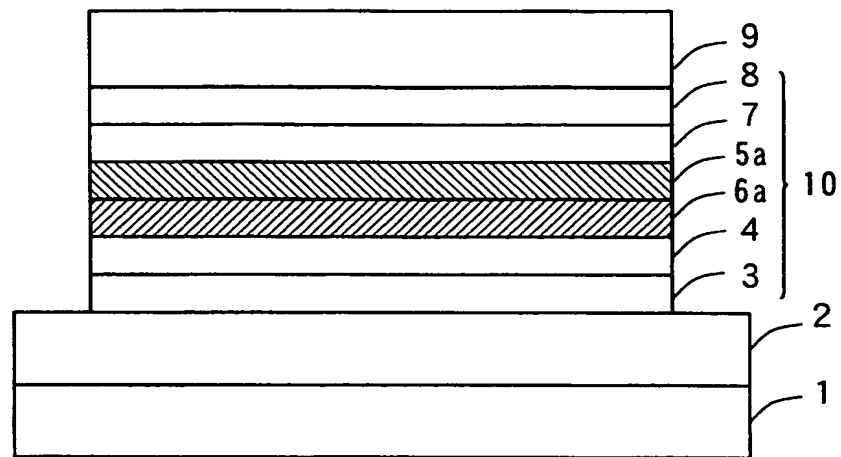
【図 1】



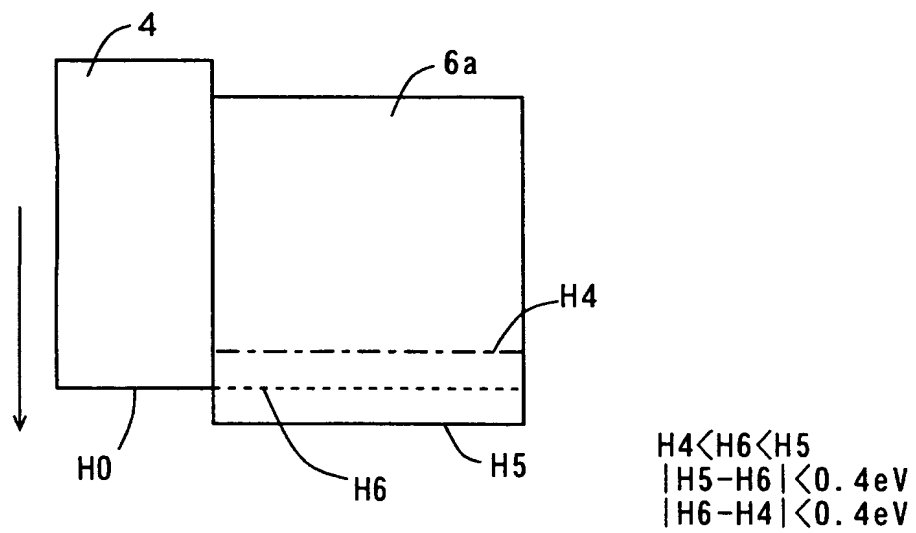
【図 2】



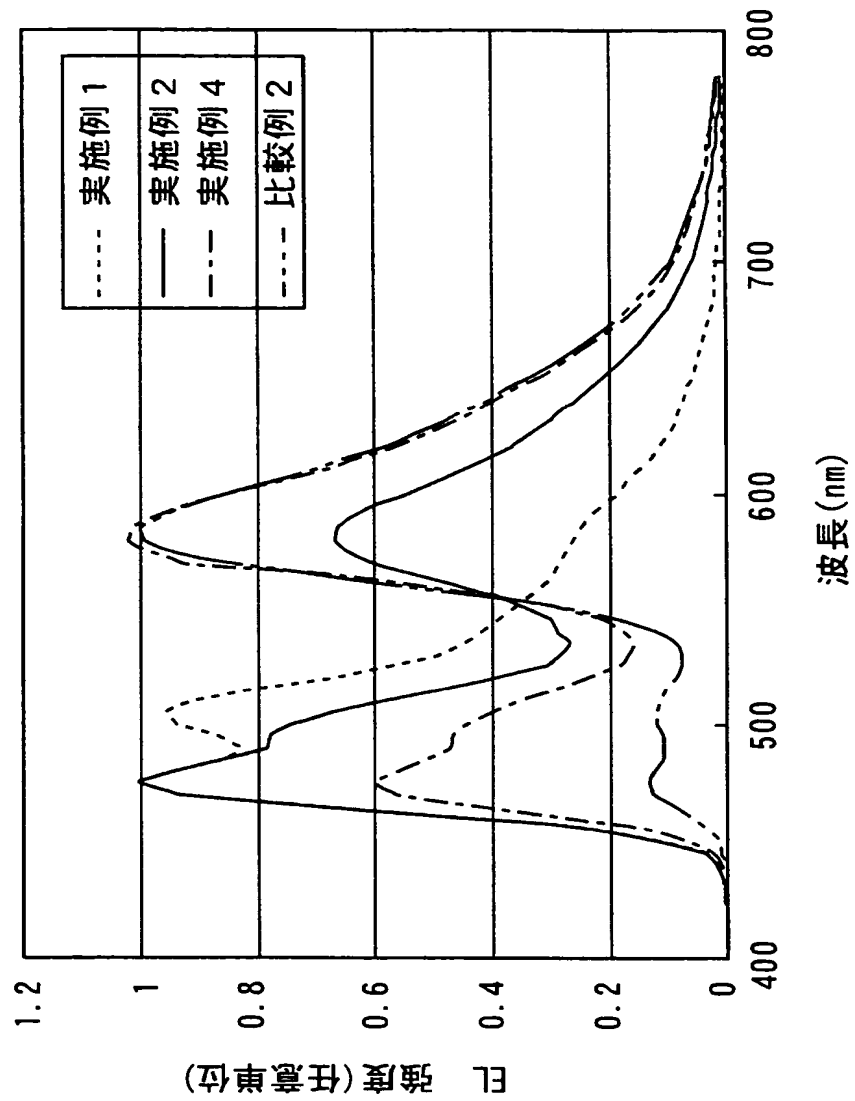
【図 3】



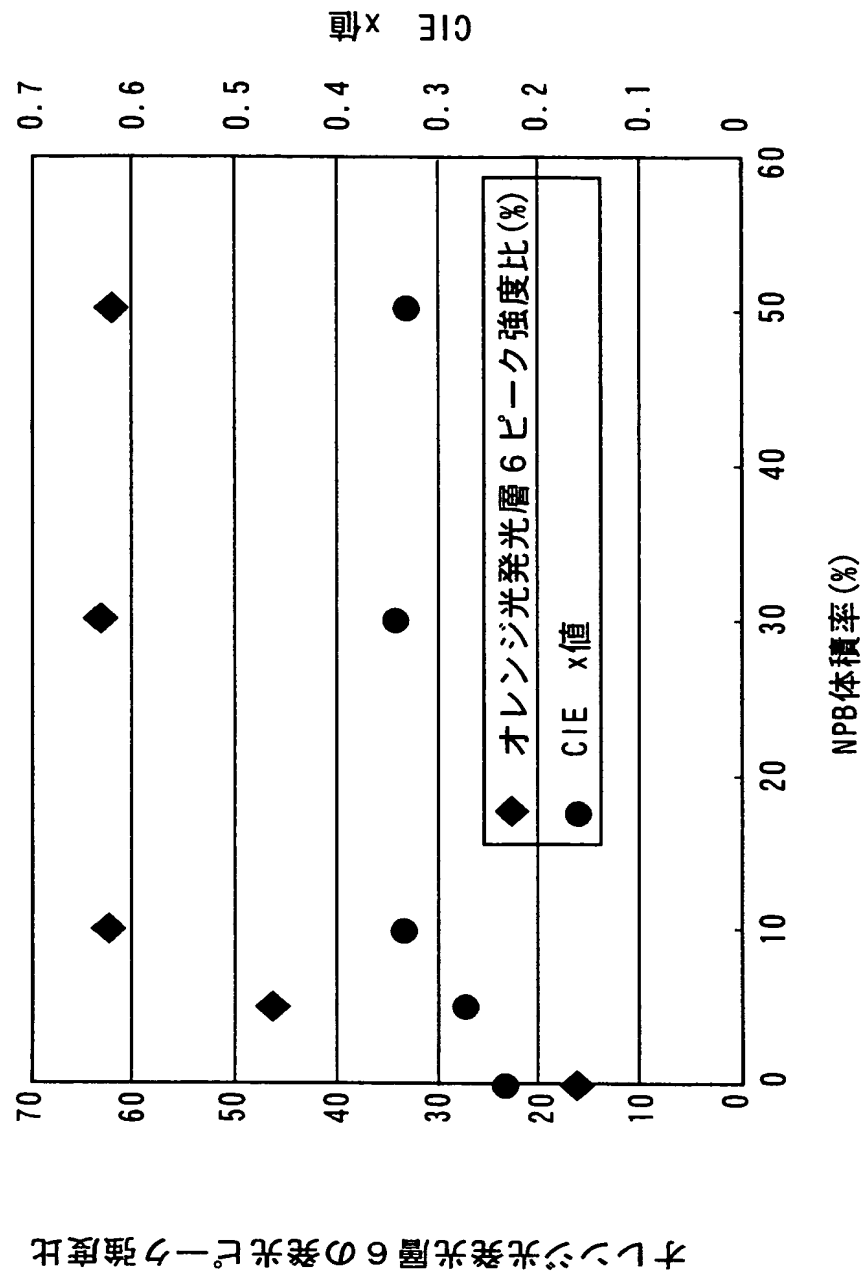
【図 4】



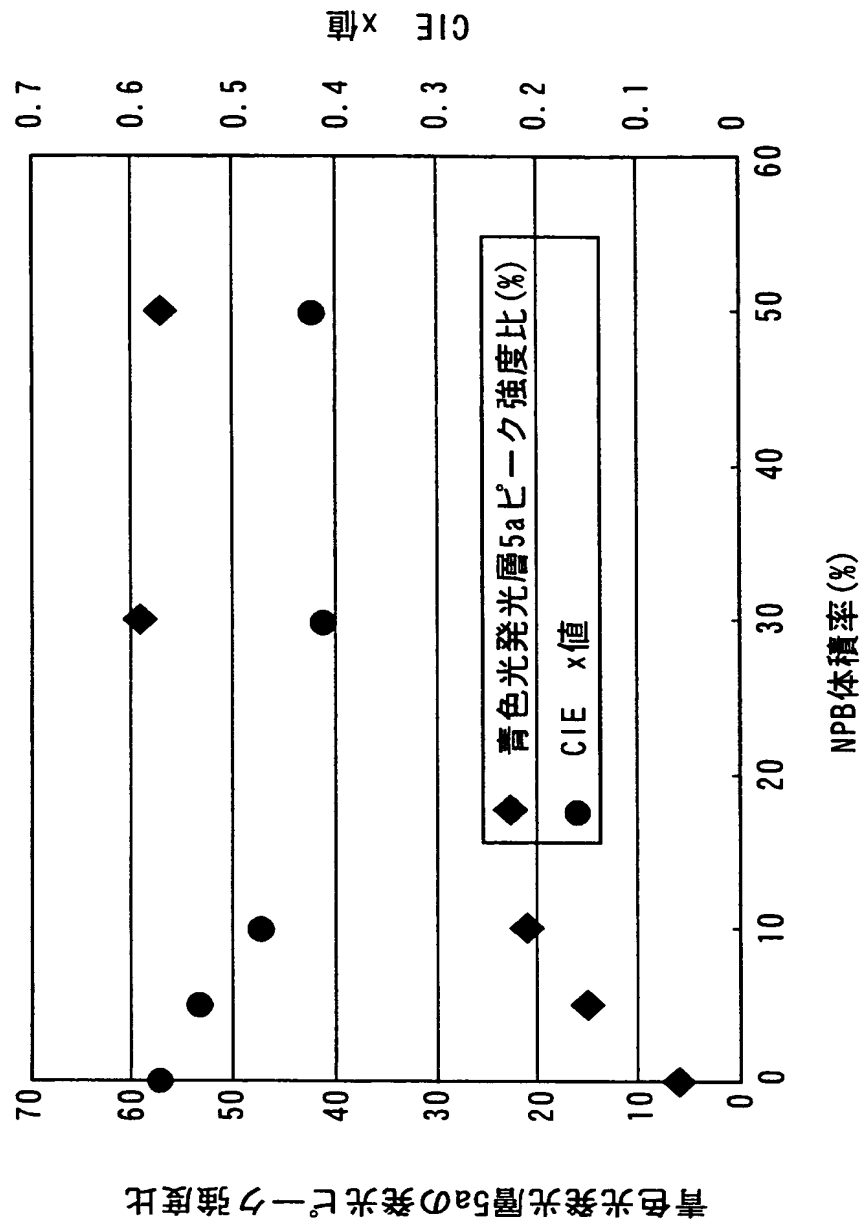
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高効率な白色光の取り出しが可能な有機EL素子を提供する。

【解決手段】 陽極2上に、ホール注入層3、ホール輸送層4、青色光発光層5、オレンジ光発光層6、電子輸送層7、電子注入層8および陰極9が順に形成される。青色光発光層5は、補助ドーパントおよび青色光を発する発光ドーパントがドーピングされたホスト材料から構成される。補助ドーパントには、ホール輸送層4に用いた材料が用いられる。オレンジ光発光層6は、オレンジ光を発する発光ドーパントがドーピングされたホスト材料から構成される。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 8 9 4 1 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 8 8 9]

1. 変更年月日	1 9 9 3 年 1 0 月 2 0 日
[変更理由]	住所変更
住 所	大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号
氏 名	三洋電機株式会社